

ENTOMOLOGIE MÉDICALE/MEDICAL ENTOMOLOGY

Note préliminaire sur la sensibilité d'*Aedes aegypti* aux insecticides dans un site de la ville de Djibouti

Preliminary note on the sensitivity of *Aedes aegypti* to insecticides at a site in Djibouti City

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR*, Nadifo ISMAIL AHMED, Oumnia HIMMI

RÉSUMÉ Introduction. La lutte contre les moustiques à Djibouti-Ville repose principalement sur des pulvérisations aériennes contre les insectes adultes et le traitement des gîtes larvaires avec du téméphos. Cependant, la sensibilité des souches locales d'*Aedes aegypti* aux insecticides n'avait jamais été évaluée. Cette étude vise à pallier cette lacune.

Matériel et méthode. Des spécimens sauvages d'*Ae. aegypti* ont été collectés sur le terrain. Les larves ont été soumises à des tests de sensibilité au téméphos, tandis que les adultes, issus d'un élevage en laboratoire, ont été exposés au malathion (1,5 %), au bendiocarbe (0,2 %) et à la deltaméthrine (0,03 %), conformément aux protocoles standardisés de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Résultats. Les larves présentent une sensibilité réduite au téméphos, avec des CL_{50} et CL_{90} (0,0057 mg/l et 0,0131 mg/L) supérieures à celles de la souche sensible de référence Liverpool. Les ratios de résistance, bien que faibles ($RR_{50} = 1,5$; $RR_{90} = 1,75$), confirment cette tendance. Chez les adultes, une résistance marquée est observée face au bendiocarbe (71,5 % de mortalité) et à la deltaméthrine (85,4 % de mortalité), tandis que la population reste sensible au malathion (98-100 % de mortalité).

Conclusion. Face à l'émergence récurrente d'arbovirus, ces résultats fournissent aux autorités sanitaires des éléments pour optimiser les stratégies de lutte antivectorielle, notamment, en recommandant une rotation raisonnée des insecticides.

Mots clés : *Aedes aegypti*, Adulticide, Larvicide, Résistance aux insecticides, Djibouti

ABSTRACT Introduction. In Djibouti City, mosquito control relies primarily on aerial spraying of adult insects and treating larval breeding sites with temephos. However, the susceptibility of local *Aedes aegypti* strains to insecticides has never been assessed. This study aims to address this gap.

Materials and methods. Wild specimens of *Ae. aegypti* were collected in the field. The larvae underwent temephos susceptibility testing, and the adults, which were reared in a laboratory, were exposed to malathion (1.5%), bendiocarb (0.2%), and deltamethrin (0.03%) in accordance with the World Health Organization's (WHO) standardized protocols.

Results. The larvae exhibited reduced temephos susceptibility, with CL_{50} and CL_{90} values (0.0057 mg/L and 0.0131 mg/L, respectively) that were higher than those of the susceptible Liverpool reference strain. Although the resistance ratios were low ($RR_{50} = 1.5$; $RR_{90} = 1.75$), they confirmed this trend. Among the adult mosquitoes, marked resistance was observed to bendiocarb (71.5% mortality) and deltamethrin (85.4% mortality), while the population remained susceptible to malathion (98–100% mortality).

Conclusion. In light of the recurring emergence of arboviruses, these results provide health authorities with information to optimize vector control strategies, particularly the rational rotation of insecticides.

Keywords: *Aedes aegypti*, Adulticide, Larvicide, Insecticide resistance, Djibouti

Introduction

À Djibouti, l'histoire de la dengue et du chikungunya est liée à celle de leur vecteur commun, *Aedes aegypti*, dont l'implantation sur le territoire est documentée depuis 1976 [7,9,10]. La lutte antivectorielle s'y limite à des pulvérisations aériennes ponctuelles d'insecticides et dans les gîtes potentiels de reproduction. Le comportement et la sensibilité d'*Ae. aegypti* aux insecticides ne sont pas connus, alors qu'ils constituent une condition préalable à la réussite d'un programme de lutte.

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer les phénotypes de résistance aux insecticides des familles des pyréthroïdes, des carbamates et des organophosphates pour les adultes, ainsi qu'au larvicide téméphos, chez des *Ae. aegypti* dans la ville de Djibouti.

Introduction

The history of dengue and chikungunya in Djibouti is linked to that of their common vector, *Aedes aegypti*, which has been present in the country since 1976 [7,9,10]. Currently, vector control in Djibouti is limited to the occasional aerial spraying of insecticides and the treatment of potential breeding sites. However, the behavior and susceptibility of *Ae. aegypti* to insecticides remain unknown, despite this information being essential for the success of a control program. Our study aimed to evaluate the resistance phenotypes of *Ae. aegypti* adults to pyrethroids, carbamates, organophosphates, and the larvicide temephos in the city of Djibouti.

Matériels et méthodes

Entre novembre 2024 et janvier 2025, nous avons installé des pièges pondoires à l'Institut national de santé publique de Djibouti (INSPD). Les larves ont ensuite été collectées dans des bacs pour être identifiées et élevées au laboratoire d'entomologie médicale de INSPD (Fig. 1).

Materials and methods

Between November 2024 and January 2025, we set up oviposition traps at the National Institute of Public Health (INSPD) in Djibouti. The larvae were collected in containers for identification and rearing at the INSPD medical entomology laboratory (Fig. 1).

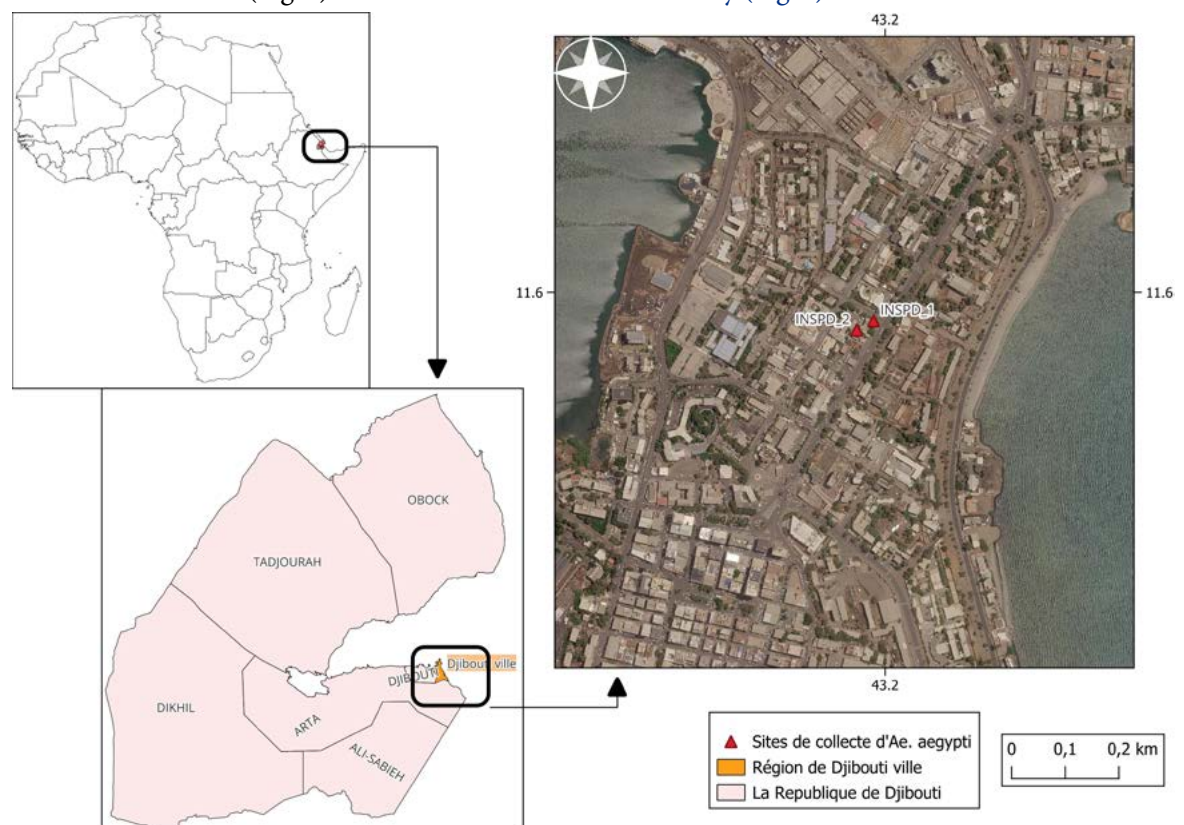


Figure 1 : Carte des sites de collecte d'*Ae. aegypti*

Figure 1: Map of *Ae. aegypti* collection sites

L'identification morphologique des espèces a été réalisée à l'aide de la clé d'identification de Brunhes *et al.* [3].

Nous avons testé la sensibilité des larves au téméphos, un insecticide largement utilisé dans la lutte antivectorielle à Djibouti et fourni par l'Université des sciences de Malaisie, à Penang, en Malaisie. La mortalité larvaire a été enregistrée 24 heures après l'exposition en comptant le nombre de larves mortes et moribondes (incapables de bouger). Tous les tests de sensibilité ont été réalisés au laboratoire d'entomologie et de parasitologie de l'INSPD de Djibouti selon le protocole de l'OMS [8].

Des tests de sensibilité ont été réalisés chez les adultes à l'aide de trois adulticides - deltaméthrine (0,03 %), bendiocarbe (0,2 %) et malathion (1,5 %) - qui nous ont été fournis sous forme de papiers imprégnés par l'Université des sciences de Malaisie, Penang, Malaisie.

Nous avons analysé les données des bioessais sur les larves et des tests d'exposition des adultes aux insecticides à l'aide du logiciel d'analyse *Log-probit*, IBM SPSS Statistics 20.

Morphological species identification was performed using the identification key by Brunhes *et al.* [3].

We tested the sensitivity of the larvae to temephos, which is widely used in vector control in Djibouti, and is produced by the Malaysia Science University in Penang, Malaysia. Larval mortality was recorded 24 hours after exposure by counting the number of dead or moribund larvae. All susceptibility tests were conducted at the INSPD Entomology and Parasitology Laboratory in Djibouti according to the WHO protocol [8]. We conducted sensitivity tests on adults using three adulticides—deltamethrin (0.03%), bendiocarb (0.2%), and malathion (1.5%)—which Malaysia Science University provided to us in the form of impregnated paper.

We analyzed the data from the larval bioassays and adult insecticide exposure tests using Log-Probit Analysis software in IBM SPSS Statistics 20.

Résultats

La sensibilité des larves au téméphos est présentée dans le Tableau I.

Les profils de sensibilité des adultes sont contrastés selon la famille d'insecticides testée (Tableau II). Selon les critères de l'OMS, les *Aedes* testés présentent une résistance au bendiocarbe et à la deltaméthrine, mais restent sensibles au malathion.

Results

Table I presents the sensitivity of larvae to temephos.

The sensitivity profiles of adults vary depending on the tested insecticide family (Table II). According to WHO criteria, the tested *Aedes* mosquitoes show resistance to bendiocarb and deltamethrin, yet remain sensitive to malathion.

Tableau I : Données de base sur la sensibilité des larves d'*Ae. aegypti* au téméphos dans la ville de Djibouti
Table I: Basic data on the sensitivity of *Ae. aegypti* larvae to temephos in Djibouti City

Région / Region	Insecticides / Insecticides	Concentrations (mg/l) / Concentrations (mg/L)	CL ₅₀ (mg/l) [IC 95 %] / LC ₅₀ (mg/L) [CI95 %]	CL ₉₀ (mg/l) [IC 95 %] / LC ₉₀ (mg/L) [CI95 %]	CL ₅₀ Souche de Liverpool (mg/l) / LC ₅₀ Liverpool strain (mg/L)	CL ₉₀ Souche de Liverpool (mg/l) / LC ₉₀ Liverpool strain (mg/L)	RR ₅₀ / RR ₅₀	RR ₉₀ / RR ₉₀	Statut / Status
Ville de Djibouti / Djibouti City	Temephos/ Temephos	0,001875; 0,00375; 0,0075; 0,015; 0,03	0,0057 [0,003-0,009]	0,0131 [0,008-0,049]	0,0038	0,0075	1,5	1,75	S

IC: intervalle de confiance à 95 %

rapport de résistance $RR_{50} = CL_{50}$ souche de terrain / CL_{50} souche de référence sensible;

rapport de résistance $RR_{90} = CL_{90}$ de la souche de terrain / CL_{90} de la souche de référence sensible

LC₅₀ et LC₉₀: Concentrations létales à 50 % et 90 % exprimées en mg/l

Statut: S=sensible ($RR_{50} < 2$)

CI: 95% confidence interval;

resistance ratio $RR_{50} = LC_{50}$ of field strain / LC_{50} of susceptible reference strain

resistance ratio $RR_{90} = LC_{90}$ of field strain / LC_{90} of susceptible reference strain

LC₅₀ and LC₉₀: 50% and 90% lethal concentrations expressed in mg/L

Status: S=susceptible ($RR_{50} < 2$)

Tableau II : Données de base sur la sensibilité des *Ae. aegypti* adultes aux carbamates, aux organophosphates et aux pyréthroïdes dans la ville de DjiboutiTable II: Basic data on the sensitivity of adult *Ae. aegypti* to carbamates, organophosphates, and pyrethroids in Djibouti city

Insecticides / Insecticides	N / N	TKd ₅₀ [IC 95 %] / TKd ₅₀ [CI95%]	TKd ₉₀ [IC 95 %] / TKd ₉₀ [CI95%]	%Mr / %Mr	Statut / Status
Bendiocarbe 0,20 % / Bendiocarb 0.20%	100	34,44 [30,83 – 38,69]	189,47 [138,42 – 301,42]	71,5	S
Malathion 1,50 % / Malathion 1.50%	100	35,14 [24,26 – 56,02]	163,94 [84,25 – 2093,58]	98,2	S
Deltaméthrine 0,03 % / Deltamethrin 0.03%	100	34,69 [24,99 – 51,08]	155,210 [84,76 – 1097,88]	85,4	S

N: nombre de moustiques; TKd₅₀ (min): temps nécessaire pour que 50 % de la population testée soit éliminée;

TKd₉₀ (min): temps nécessaire pour que 90 % de la population testée soit éliminée; %Mr: pourcentage de mortalité; IC: intervalle de confiance à 95 %

N: number of mosquitoes; TKd₅₀ (min): time required for 50% of the tested population to be eliminated;

TKd₉₀ (min): time required for 90% of the tested population to be eliminated; %Mr: mortality rate; CI: 95% confidence interval

Discussion - Conclusion

Cette première évaluation de la sensibilité d'*Ae. aegypti* aux insecticides à Djibouti concerne un échantillon isolé de moustiques en raison de contraintes d'accès et de logistique sur le terrain. Elle ne permet pas d'extrapoler les résultats à l'ensemble du territoire, mais offre un premier état des lieux. Ce résultat suggère que, dans notre site, la pression de sélection exercée par le temephos est restée modérée, préservant ainsi l'efficacité de cette molécule.

En Éthiopie voisine, Seid *et al.* (2024) ont montré la sensibilité des populations d'*Ae. aegypti* aux organophosphorés, mais une résistance variable selon les classes chimiques [11]. En Afrique de l'Ouest et centrale, des phénotypes multirésistants aux pyréthroïdes, carbamates et organophosphorés ont été observés au Sénégal, en Côte d'Ivoire, au Ghana et au Nigéria [1,2,4-6,12,13].

Cette étude jette les bases d'un système de surveillance pérenne à Djibouti. Elle fournit aux autorités sanitaires et aux programmes de lutte antivectorielle des données pour éclairer leurs choix opérationnels.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur profonde gratitude à l'INSPD pour l'approbation et le soutien administratif apportés à ce travail.

Discussion - Conclusion

This initial assessment of *Ae. aegypti* sensitivity to insecticides in Djibouti is based on a small sample size due to access and logistical constraints in the field. The results cannot be extrapolated to the entire country; however, they provide an initial overview of the situation. The results suggest that the selection pressure exerted by temephos at our study site has remained moderate, thereby preserving the efficacy of this compound.

In neighboring Ethiopia, Seid *et al.* (2024) demonstrated the susceptibility of *Ae. aegypti* populations to organophosphates but noted variable resistance depending on the chemical class [11]. In West and Central Africa, phenotypes resistant to multiple classes of insecticides, including pyrethroids, carbamates, and organophosphates, have been observed in Senegal, Côte d'Ivoire, Ghana, and Nigeria [1,2,4-6,12,13].

This study lays the groundwork for a sustainable surveillance system in Djibouti. It provides health authorities and vector control programs with data to inform operational decisions.

Acknowledgments

The authors wish to express their deep gratitude to the INSPD for its approval of and administrative support for this work.

Contributions des auteurs et autrices

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR : conception de l'étude, définition de la méthodologie, prospection bibliographique, définition de la méthodologie et analyse des données, interprétation des résultats, rédaction du manuscrit, relecture et validation du manuscrit.

Nadifo ISMAIL AHMED : réalisation d'une partie de l'étude, validation des données, relecture et validation du manuscrit

Oumnia HIMMI : conception de l'étude, définition du contenu intellectuel, conception, l'analyse des données, relecture et validation du manuscrit

Disponibilité des données

Toutes les données générées au cours de cette étude sont disponibles auprès de l'auteur correspondant sur demande raisonnable.

Dispositions éthiques

L'étude a été conduite conformément aux exigences éthiques, avec l'approbation du Comité d'Éthique de l'INSPD et le recueil du consentement éclairé des participants avant les collectes de moustiques. Les autorisations administratives pour la collecte et la manipulation des moustiques ont été accordées par l'INSPD.

Financements

Cette recherche n'a reçu aucun soutien financier.

Utilisation de l'intelligence artificielle

L'usage de l'intelligence artificielle (IA) a été limité à l'assistance rédactionnelle finale.

Déclaration de liens d'intérêts

Aucun lien d'intérêt n'a été déclaré.

Authors' contributions

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR: study design, methodology development, literature review, data analysis, interpretation of results, manuscript drafting, manuscript review and approval.

Nadifo ISMAIL AHMED: conducting part of the study, data validation, proofreading and approval of the manuscript

Oumnia HIMMI: study design, definition of intellectual content, data analysis, proofreading and approval of the manuscript

Data availability

All data generated during this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Ethical considerations

The study was conducted in accordance with ethical requirements and was approved by the INSPD Ethics Committee. Informed consent was obtained from participants prior to mosquito collection.

The INSPD granted administrative authorizations for the collection and handling of mosquitoes.

Funding

This research received no financial support.

Use of artificial intelligence

The use of artificial intelligence (AI) was limited to providing final editorial assistance.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Auteurs et autrices / Authors

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR* (1,2, ORCID: 0009-0003-5633-1212), Nadifo ISMAIL AHMED (2, nadisare4@gmail.com, ORCID: 0009-0005-6706-2569), Oumnia HIMMI (1, oumnia.himmi@is.um5.ac.ma, ORCID: 0000-0001-5559-5310)

1. Laboratoire de géo-biodiversité et patrimoine naturel (GEOBIOL), Institut scientifique, Université Mohammed V de Rabat, Maroc
2. Laboratoire d'entomologie et de parasitologie, Institut national de santé publique de Djibouti, République de Djibouti

* Auteur correspondant : abdoulgabar98@gmail.com

Références / References

1. Abdulai A, Owusu-Asenso CM, Akosah-Brempong G, Mohammed AR, Sraqu IK, Attah SK, Forson AO, Weetman D, Afrane YA. Insecticide resistance status of *Aedes aegypti* in southern and northern Ghana. *Parasit Vectors*. 2023 Apr 18;16(1):135. doi: 10.1186/s13071-023-05752-x.
2. Ayettey J, Ablorde A, Amlalo GK, Mensah BA, Kudom AA. Entomological surveillance on *Aedes aegypti* during Covid-19 period in Cape Coast, Ghana: Risk of arboviral outbreaks, multiple insecticide resistance and distribution of F1534C, V410L and V1016I kdr mutations. *PLoS Negl Trop Dis*. 2023 May 31;17(5):e0011397. doi: 10.1371/journal.pntd.0011397.
3. Brunhes J, Rhaim A, Geoffroy B, Angel G, Hervy JP (2000) Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne : logiciel d'identification et d'enseignement. IRD, Coll. Didactique, Montpellier, 2000.
4. Fagbohun IK, Oyeniyi TA, Idowu ET, Nwanya O, Okonkwo F, Adesalu KO, Jimoh RT, Oladosu Y, Otubanjo OA, Adeogun AO. Detection and co-occurrence of kdr (F1534C and S989P) mutations in multiple insecticides resistant *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Nigeria. *J Med Entomol*. 2022 Sep 14;59(5):1741-1748. doi: 10.1093/jme/tjac114.
5. Kamgang B, Wilson-Bahun TA, Yougang AP, Lenga A, Wondji CS. Contrasting resistance patterns to type I and II pyrethroids in two major arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Republic of the Congo, Central Africa. *Infect Dis Poverty*. 2020 Mar 2;9(1):23. doi: 10.1186/s40249-020-0637-2.
6. Konan LY, Oumbouke WA, Silué UG, Coulibaly IZ, Ziogba JT, N'Guessan RK, Coulibaly D, Béné JB, Lenhart A. Insecticide resistance patterns and mechanisms in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations across Abidjan, Côte d'Ivoire reveal emergent pyrethroid resistance. *J Med Entomol*. 2021 Jul 16;58(4):1808-1816. doi: 10.1093/jme/tjab045.
7. Lourenço-de-Oliveira R, Vazeille M, de Filippis AM, Failloux AB. *Aedes aegypti* in Brazil: genetically differentiated populations with high susceptibility to dengue and yellow fever viruses. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2004 Jan;98(1):43-54. doi: 10.1016/s0035-9203(03)00006-3.
8. Organisation mondiale de la santé (OMS). Manual for monitoring insecticide resistance in mosquito vectors and selecting appropriate interventions. World Health Organization, Genève, 2022.
9. Reiskind MH, Pesko K, Westbrook CJ, Mores CN. Susceptibility of Florida mosquitoes to infection with chikungunya virus. *Am J Trop Med Hyg*. 2008 Mar;78(3):422-5.
10. Rodhain F. Résultats préliminaires d'une enquête entomologique sur les vecteurs potentiels d'arboviroses dans le Territoire Français des Afars et des Issas. *Bull Soc Pathol Exot Filiales*. 1976 Mar-Apr;69(2):169-74.
11. Seid M, Aklilu E, Animut A. Susceptibility status of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to public health insecticides in Southern Afar Region, Ethiopia. *PLoS One*. 2024 Aug 23;19(8):e0309335. doi: 10.1371/journal.pone.0309335.
12. Sene NM, Mavridis K, Ndiaye EH, Diagne CT, Gaye A, Ngom EHM, Ba Y, Diallo D, Vontas J, Dia I, Diallo M. Insecticide resistance status and mechanisms in *Aedes aegypti* populations from Senegal. *PLoS Negl Trop Dis*. 2021 May 10;15(5):e0009393. doi: 10.1371/journal.pntd.0009393.
13. Yougang AP, Keumeni CR, Wilson-Bahun TA, Tedjou AN, Njiokou F, Wondji C, Kamgang B. Spatial distribution and insecticide resistance profile of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Douala, the most important city of Cameroon. *PLoS One*. 2022 Dec 13;17(12):e0278779. doi: 10.1371/journal.pone.0278779.